

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pertambangan dan perdagangan logam memiliki peran yang krusial dalam perekonomian global. Timah sebagai salah satu logam *non-ferrous* digunakan secara luas dalam berbagai sektor manufaktur, termasuk otomotif, elektronik, dan konstruksi (PT Timah, 2024). Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia Nomor 296.K/MB.01/MEM.B/2023 pada 14 September 2023 yang menetapkan timah sebagai salah satu mineral kritis membuktikan bahwa timah juga memiliki kegunaan penting untuk perekonomian dan pertahanan negara. International Tin Association (ITA) menyatakan bahwa total produksi timah dunia pada tahun 2023 mencapai 370.100 metrik ton, turun 2,1% dari tahun 2022 sebesar 379.400 metrik ton (International Tin Association, 2024). Berdasarkan data CRU Tin Monitoring, Indonesia sebagai salah satu negara penghasil timah terbesar di dunia menyumbang sekitar 17,5% atau sebanyak 64.760 metrik ton dari total produksi global pada tahun 2023 (PT Timah, 2024). Hal tersebut menegaskan peran penting Indonesia dalam penyediaan bahan baku timah global, serta menunjukkan bahwa komoditas timah Indonesia memiliki potensi strategis untuk terus dikembangkan.

Berbagai dinamika yang terjadi dalam lima tahun terakhir seperti perubahan kondisi ekonomi global pasca Covid-19, pecahnya konflik geopolitik serta tingginya tingkat inflasi dunia memicu krisis baru yang menghambat pemulihan

ekonomi global. Hal ini berimbas pada ketidakstabilan harga komoditas, salah satunya timah (PT Timah, 2024). Harga timah global terus mengalami kenaikan yang signifikan pada kuartal pertama 2022 dan memuncak pada rekor tertinggi dengan harga penutupan timah di London Metal Exchange (LME) mencapai USD 48650 (PT Timah, 2022). Kondisi ini tidak berlangsung lama karena pada bulan-bulan berikutnya, harga timah mengalami penurunan tajam dan berfluktuasi hingga akhir tahun 2023. Harga timah global yang terus berfluktuasi ini memiliki dampak besar pada ekonomi nasional dan perusahaan yang terlibat dalam produksi dan perdagangan timah termasuk kinerja ekspor impor (Kementerian Keuangan, 2024).

London Metal Exchange (LME) sebagai salah satu pusat perdagangan logam global, memegang peran penting dalam pergerakan harga pasar. Harga yang tercatat di LME digunakan sebagai acuan global perdagangan logam (London Metal Exchange, 2023). Indonesia sebagai salah satu negara pengekspor timah terbesar di dunia tentunya harus memperhatikan pergerakan harga pasar global. Pemahaman yang mendalam tentang perilaku pasar dan prediksi harga timah global menjadi krusial dalam mempersiapkan pengelolaan persediaan logam timah dan lindung nilai (*hedging*) untuk mengurangi resiko bagi perusahaan (Munandar, *et al.*, 2016).

Analisis runtun waktu dapat diterapkan untuk memprediksi pergerakan harga pasar di masa mendatang dengan didasarkan atas data historis yang tersedia (Rosadi, 2006). Ada dua kategori model runtun waktu yang dapat digunakan yaitu model statistika dan model *machine learning*. Model statistika seperti *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) mengasumsikan bahwa data mengikuti distribusi normal dan stasioner. Kondisi pada data di lapangan seringkali menunjukkan terjadinya fluktuasi yang menyebabkan ketidakstasioneran dan non-

linieritas pada data runtun waktu (Cheng, *et al.*, 2022). Metode-metode analisis dan prediksi harga yang didasarkan pada teknologi *machine learning* telah menjadi fokus utama penelitian dalam mengantisipasi perubahan pasar pada beberapa tahun terakhir. Pemodelan data runtun waktu dengan *machine learning* khususnya *deep learning*, memungkinkan untuk membangun model yang kompleks berdasarkan data historis tanpa asumsi statistik dan pembatasan tertentu (Cheng, *et al.*, 2022). Teknologi *deep learning* ini mencakup berbagai metode seperti jaringan saraf *fuzzy*, jaringan saraf tiruan, *Long Short-Term Memory* (LSTM) dan *Gated Recurrent Unit* (GRU).

Metode *Gated Recurrent Unit* (GRU) sebagai salah satu cabang dari *Recurrent Neural Network* (RNN) telah diterapkan dalam memodelkan data sekuensial termasuk runtun waktu. GRU memiliki keunggulan dalam menangani masalah *vanishing gradient* yang sering dihadapi oleh model RNN tradisional (Chung, *et al.*, 2014). Keberhasilan GRU dalam memprediksi data runtun waktu tidak terlepas dari peran metode optimasi. Metode optimasi atau *optimizer* dibutuhkan selama proses pelatihan GRU. Metode ini memiliki peran dalam memperbarui (*update*) dan mengoptimalkan parameter-parameter jaringan seperti bobot dan bias selama proses pelatihan (Kingma dan Ba, 2015). Dua metode optimasi yang dapat digunakan dalam pelatihan model GRU adalah RMSProp (*Root Mean Square Propagation*) dan Adam (*Adaptive Moment Estimation*). Kedua metode ini dirancang untuk secara adaptif menyesuaikan laju pembelajaran untuk setiap parameter dengan mempertahankan rata-rata bergerak dari gradien. Metode Adam menerapkan momentum dan koreksi bias yang bekerjasama dalam mengatasi bias terhadap nol pada awal iterasi yang bisa terjadi dalam RMSProp. Perbandingan

antara kedua metode optimasi tersebut masih perlu dievaluasi lebih lanjut terutama dalam hal stabilitas, sensitivitas, dan kecepatan konvergensi model serta dampak penambahan momentum dan koreksi bias pada Adam dalam prediksi harga timah global.

Pengaplikasian metode GRU dalam meramalkan data runtun waktu telah dilakukan di berbagai bidang. Dutta (2020) melakukan prediksi harga bitcoin menggunakan metode GRU. Analisis dilakukan dengan menggunakan data selama 10 tahun terakhir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode GRU menghasilkan nilai RMSE sebesar 0,017. Shen *et al.* (2018) menggunakan GRU dengan metode optimasi RMSProp untuk memprediksi sinyal *trading* dari 3 saham yang berbeda yaitu HSI, DAX, dan S&P 500. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi dari ketiga dataset rata-rata sebesar 51,4%. Saputra *et al.* (2023), menerapkan metode GRU untuk memprediksi harga minyak mentah dunia. Nilai MAPE yang dihasilkan dalam penelitian tersebut sebesar 2,25% sehingga dapat dikatakan bahwa model memiliki kemampuan prediksi yang sangat baik.

Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi harga timah global LME berdasarkan data historis pada periode Januari 2019 hingga Desember 2023 menggunakan metode *Gated Recurrent Unit* (GRU). Penelitian berfokus pada pencarian model terbaik dengan mengoptimalkan *hyperparameter* dan pemilihan metode optimasi yang optimal dari dua metode optimasi yaitu RMSProp dan Adam serta mengetahui pengaruh penambahan momentum dan koreksi bias pada Adam dalam peramalan harga timah global. Evaluasi akurasi model GRU dilakukan menggunakan metrik *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Penelitian ini

diharapkan dapat mengembangkan model GRU dengan tingkat akurasi terbaik untuk prediksi harga timah global.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana implementasi metode GRU dalam memprediksi harga timah global?
2. Bagaimana performa metode optimasi Adam dan RMSProp dalam prediksi harga timah global?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan momentum dan koreksi bias secara bersama-sama pada metode optimasi menggunakan metode GRU?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan permasalahan yang akan diteliti. Adapun batasan masalah sebagai berikut

1. Data yang digunakan merupakan data historis harga timah harian di bursa London Metal Exchange (LME) dengan rentang waktu mulai dari 1 Januari 2019 hingga 31 Desember 2023.
2. Penelitian ini berfokus pada penggunaan metode *Gated Recurrent Unit* (GRU) dengan mengaplikasikan metode optimasi RMSProp dan Adam untuk memprediksi harga harian timah global dalam *London Metal Exchange* (LME). Hasil peramalan dengan kedua metode optimasi tersebut kemudian akan dibandingkan untuk mengetahui hasil peramalan yang lebih akurat dalam meramalkan harga timah global.
3. Metrik evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *mean absolute percentage error* (MAPE).

4. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Python melalui *platform cloud computing* Google Colaboratory.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah, penelitian ini bertujuan untuk

1. Memperoleh hasil prediksi harga timah global berdasarkan model peramalan terbaik yang telah diperoleh.
2. Memperoleh model peramalan terbaik untuk prediksi harga timah global berdasarkan perbandingan tingkat akurasi prediksi antara *optimizer* Adam dan RMSProp.
3. Menentukan pengaruh momentum dan koreksi bias secara bersama-sama dalam prediksi harga timah global menggunakan metode GRU.